МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

В. В. МАЙШЕВ

ИСПЫТАТЕЛЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ



МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 563

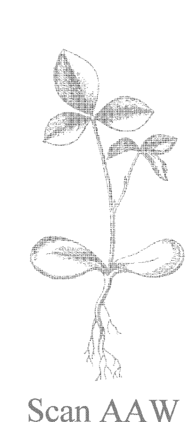
В. В. МАЙШЕВ

ИСПЫТАТЕЛЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ (ИПП-1)



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1965 ЛЕНИНГРАД



УДК 621.382.026:621.317.6
М 12

Приведены описание испытателя полупроводниковых приборов и методов их испытания в условиях радиолюбительской практики.

Даны справочные таблицы допустимых значений некоторых энергетических параметров полупроводниковых приборов.

Брошюра предназначена для широкого круга радиолюбителей и может быть полезна для специалистов, работающих в области полупроводниковой электроники.

СОДЕРЖАНИЕ

Майшев Виталий Васильевич
Испытатель полупроводниковых приборов (ИПП-1).
М.—Л., издательство „Энергия", 1965, 40 стр. с илл.
(Массовая радиобиблиотека. Вып. 563)
Сводный тематический план по радиоэлектронике на 1965 г., № 207.

Редактор *А. И. Кузьминов* Техн. редактор *В. Н. Малькова*
Обложка художника *А. М. Кувшинникова*

Сдано в набор 22/X 1964 г. Подписано к печати 18/XII 1964 г.
Т-13469 Бумага 84×108[1]/[32] 2,05 печ. л. 2,52 уч.-изд. л.
Тираж 56 000 экз. Цена 10 коп. Заказ 1626

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР по печати.
Шлюзовая наб., 10.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПАРАМЕТРАХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ, ПОДЛЕЖАЩИХ ПРОВЕРКЕ

Радиолюбители, занимающиеся конструированием радиоаппаратуры на полупроводниковых приборах, а также повторением ранее разработанных схем, сталкиваются с серьезными трудностями. В справочной литературе и паспортных данных, как правило, указываются наибольшие, наименьшие или предельные значения параметров полупроводниковых приборов. Но даже если и указываются некоторые номинальные значения, то этими данными не удается воспользоваться в такой же степени, как это возможно в ламповой технике.

Из-за несовершенства технологии большинство полупроводниковых приборов имеют большой разброс параметров. Поэтому установка полупроводникового прибора в схему (в бо̀льшей степени относится к транзисторам) без предварительной его проверки не дает в большинстве случаев положительного результата.

По этой причине после одной-двух неудач, особенно начинающие радиолюбители отказываются от схемы, считая ее непригодной.

Для того чтобы избежать указанных затруднений, разработан описанный ниже прибор для испытания полупроводниковых приборов.

Рассмотрим предварительно основные параметры, которые чаще всего интересуют радиолюбителя при разработке и конструировании той или иной электронной аппаратуры.

Параметры транзисторов

Основные параметры транзисторов, которые приводятся обычно в справочной литературе по полупроводниковым приборам, следующие:

α — коэффициент усиления по току в схеме „с общей базой" или β — коэффициент усиления по току в схеме „с общим эмиттером";

$I_{к.н}$ — начальный ток коллектора;

$I_{к.о}$ — обратный ток коллектора;

$I_{э.о}$ — обратный ток эмиттера;

$P_{макс}$ — максимально допустимая мощность, рассеиваемая коллектором при естественном охлаждении,

f_{α} или f_{β} — предельная частота усиления соответственно в схемах „с общей базой" и с „общим эмиттером";

$C_к$ — емкость коллекторного перехода;

$F_ш$ — фактор шума.

Рассмотрим по порядку значение каждого из параметров, их возможные отклонения от номинальных значений в усилительных и импульсных схемах и схемы и методы проверки.

Начальный ток коллектора ($I_{к\,н}$). Рассмотрение этого параметра в первую очередь не случайно, потому что по нему можно судить об отсутствии пробоя между эмиттером и коллектором, с одной стороны, и между базой и коллектором, с другой. Кроме того, по параметру $I_{к\,о}$ можно судить о наличии такого явления в транзисторе, как текучесть[1].

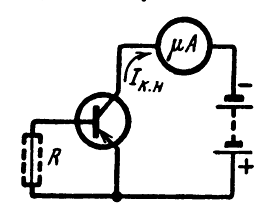


Рис. 1. Упрощенная схема для измерения начального тока коллектора.

В усилительных каскадах чем больше $I_{к\,н}$, тем труднее стабилизировать схему. В двухтактных каскадах всегда желательно иметь одинаковые начальные токи обоих транзисторов. Несоблюдение этого условия ведет к появлению нелинейных искажений. Более того, большая величина $I_{к.н}$ ухудшает коэффициент полезного действия схемы и уменьшает отдаваемую мощность.

В импульсных схемах ток $I_{к.н}$ уменьшает коэффициент использования напряжения, так как при нулевом напряжении на участке база — эмиттер через транзистор будет протекать ток, который будет создавать падение напряжения на сопротивлении нагрузки.

Для маломощных транзисторов ток $I_{к\,н}$ (для некоторых типов) достигает 10—30 *мка*; для транзисторов средней и большой мощности он достигает 3—10 *ма*.

Ток $I_{к.н}$ измеряют по схеме, приведенной на рис. 1.

Для некоторых типов транзисторов ток измеряют при включении между базой и эмиттером сопротивления порядка 50—100 *ом* (как показано на рис. 1). Из анализа схемы с общим эмиттером может быть получена зависимость

$$I_{к.н} = (1 + \beta) I_{к.о}. \qquad (1)$$

Практически она себя оправдывает. А так как ток $I_{к\,о}$ является температурно зависимым, то ток $I_{к\,н}$ также в сильной степени зависит от температуры.

Обратный ток коллектора ($I_{к.о}$). Ток $I_{к.о}$ имеет важное значение при проектировании и построении импульсных и усилительных схем.

В высокочастотных усилительных каскадах большая величина $I_{к.о}$ приводит к ухудшению добротности контуров.

В импульсных схемах (триггерах и мультивибраторах) ток разряжает хронирующие емкости.

---

[1] Текучесть — увеличение тока коллектора во времени при постоянном напряжении на коллекторе вследствие дефекта технологии производства.

Основная причина температурной нестабильности для тех и других схем заключается в большом токе $I_{к\ о}$.

Кроме того, в устройствах, работающих на мощных транзисторах, ток $I_{к.о}$ ограничивает выходные мощности транзисторов, вызывает температурную нестабильность и снижает надежность их работы.

У маломощных транзисторов ток $I_{к.о}$ при температуре 20° С в зависимости от типа транзистора не должен превышать 10—20 *мка*. Хорошие экземпляры транзисторов, удовлетворительно работающие без дополнительной стабилизации, имеют обратный ток коллектора порядка 1—2 *мка*.

В справочниках и паспортных данных значение $I_{к.о}$ приводится для определенных напряжений на коллекторе.

Если испытание транзистора приводится при другом напряжении на коллекторе, то для сравнения $I_{к.о}$ можно пересчитать, воспользовавшись следующим соотношением:

$$I_{к.о.\ исп} \approx I_{к.о} \frac{U_{к.исп}}{U_к}, \qquad (2)$$

где $I_{к.о}$ и $U_к$ — паспортные величины, $I_{к.о.\ исп}$ и $U_{к.исп}$ — данные, полученные при испытании.

При конструировании и сборке того или иного устройства следует учитывать, что с увеличением температуры окружающей среды, а также с увеличением температуры перехода от превышения допустимой мощности рассеивания на коллекторе ток $I_{к.о}$ растет по закону

$$I'_{к.о} = I_{к.о} 2^{\frac{t'-t}{10}}, \qquad (3)$$

т. е. возрастает примерно вдвое при повышении температуры на каждые 10° С ($I'_{к.о}$ — ток при температуре t').

Для транзисторов средней и большой мощности допустимый ток достигает 400—500 *мка*.

Ток $I_{к.о}$ измеряют по схеме (для транзисторов типа *p-n-p*), приведенной на рис. 2.

При испытании транзисторов типа *n-p-n* полярность источника и микроамперметра необходимо переменить на обратную.

Обратный ток эмиттера ($I_{э.о}$). Ток $I_{э.о}$ — это начальный температурный ток обратно смещенного эмиттерного перехода. Такое включение транзистора встречается в импульсном режиме работы. При этом действие тока $I_{э.о}$ на схему аналогично вредному действию тока $I_{к.о}$. Ток $I_{э.о}$ для хороших транзисторов, как правило, должен быть меньше $I_{к.о}$ вследствие меньшей площади эмиттерного перехода. Однако поверхностная утечка из-за несовершенства технологии производства часто приводит к обратному явлению — ток $I_{э.о}$ больше тока $I_{к.о}$.

Закон изменения тока $I_{э.о}$ от температуры такой же, как и тока $I_{к.о}$, т. е. он увеличивается вдвое с ростом температуры на каждые 10° С.

Ток $I_{э.о}$ измеряют по схеме (для транзисторов типа *p-n-p*), приведенной на рис. 3. Для транзисторов типа *n-p-n* полярность источ-

ника и прибора необходимо переменить на обратную. Измерение проводят при указанном в паспорте напряжении $U_{э\,б}$.

Если испытание проводится при напряжении, отличном от паспортного, то для сравнения $I_{э.о}$ можно пересчитать, пользуясь приближенным соотношением

$$I'_{э.о.\,исп} \approx I_{э.о} \frac{U_{э.б.исп}}{U_{э.б}}, \qquad (4)$$

где $I_{э.о}$ и $I_{э.б}$ — паспортные данные;

$I_{э.о.исп}$ и $U_{э.б.исп}$ — данные, полученные при испытании.

Транзисторы, предусмотренные для работы в усилительных каскадах, по этому параметру заводом не бракуются.

Коэффициент усиления по току в схеме с общим эмиттером. В большинстве справочников величина коэффициента усиления по

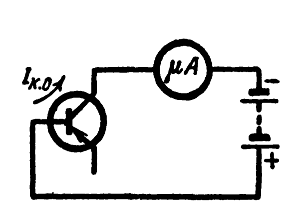


Рис. 2. Упрощенная схема для измерения обратного тока коллектора.

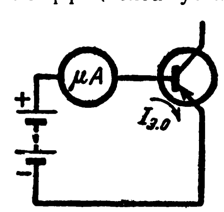


Рис. 3. Упрощенная схема для измерения обратного тока эмиттера.

току приводится в системе h-параметров в виде параметра h_{21}. Параметр h_{21} для схемы с общей базой обозначается буквой α, для схемы с общим эмиттером—β. Кроме того, выделяют значения α_0 и β_0 коэффициентом усиления по току на низких частотах.

Коэффициенты α, α_0, β, β_0 измеряют на переменном токе при малом сигнале; их иначе называют параметрами малого сигнала.

Коэффициенты α и β, α_0 и β_0 связаны соотношением

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}. \qquad (5)$$

Для ряда транзисторов в паспортных данных приводят значения коэффициента усиления по току в виде параметра большого сигнала В. Параметр большого сигнала В измеряют при больших постоянных и импульсных токах. Он используется для оценки транзисторов, работающих в импульсных схемах.

Для схемы с общим эмиттером параметры β, β_0 и В находятся в следующем соотношении:

$$\beta < \beta_0 < B.$$

Параметры β_0 можно измерить и на постоянном токе, применяя метод «конечных приращений». На этом методе основано измерение коэффициента усиления по току в испытателе ИПП-1.

Необходимость измерения β_0 вызвана тем, что в справочных данных завод-изготовитель указывает либо минимальное значение β для данного типа транзисторов, либо интервал возможных значений (например, $\beta=20-70$). Измерение проводят по схеме (для транзисторов типа *р-п-р*), приведенной на рис. 4.

Сопротивлением R_1 устанавливают некоторый ток $I_б$ (о порядке величин будет сказано во второй главе),—при этом в цепи коллектора будет протекать соответствующий ток,— затем дают приращение току базы $\Delta I_б$ и отсчитывают приращение тока коллектора; тогда

$$\beta_0 = \frac{\Delta I_к}{\Delta I_б}. \qquad (6)$$

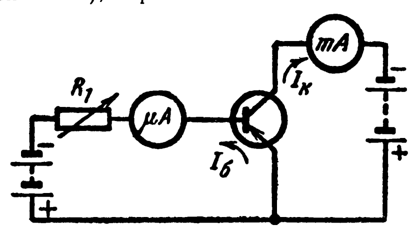


Рис. 4. Упрощенная схема для измерения на постоянном токе коэффициента усиления по току β (схема с общим эмиттером).

Коэффициент усиления можно измерять при напряжении на коллекторе, указанном в паспорте, а ток — при рабочем напряжении.

Измерение параметров f_α, f_β, $C_к$ и $F_ш$ в условиях радиолюбительской практики представляет значительную трудность, к тому же в этом нет большой необходимости, так как в справочной литературе приводятся конкретные значения f_α или f_β, емкости коллектора $C_к$ и коэффициента шума $F_ш$. Следует только иметь в виду, что предельная частота усиления для транзисторов, работающих в схеме с общим эмиттером, много ниже, чем для тех же транзисторов, работающих в схеме с общей базой:

$$f_\beta = 0{,}8\,(1-\alpha)\,f_\alpha. \qquad (7)$$

В последней главе брошюры приведены справочные данные по основным параметрам и предельные значения энергетических параметров (табл. 1).

Параметры полупроводниковых диодов и стабилитронов

В справочной литературе в качестве основных параметров, характеризующих работу диодов, приводятся следующие:

$I_{обр.макс}$ — наибольшее значение обратного тока;
$I_{пр}$ — прямой ток (при напряжении 1 *в*, 0,5 *в*);
$I_{ср}$ — среднее значение выпрямленного тока;
$U_{обр}$ — наибольшее значение обратного напряжения;
$C_д$ — проходная емкость диода;
$U_{проб}$ — пробивное напряжение.

Из перечисленных параметров проверке на постоянном токе могут быть подвергнуты $I_{обр.макс}$ при указанном обратном напряжении, $I_{пр}$ при напряжении в прямом направлении 0,5 *в* и 1 *в* соответственно для плоскостных и точечных диодов. Определить пробивное напряжение на переменном токе можно при помощи осциллографа. Для этого собирают схему, изображенную на рис. 5.

Переменное напряжение с потенциометра R_1 подводится к цепочке, состоящей из исследуемого диода и сопротивления R_2 (величина сопротивления должна быть в 8—10 раз меньше прямого сопротивления диода). С этой цепочки напряжения подают на верти-

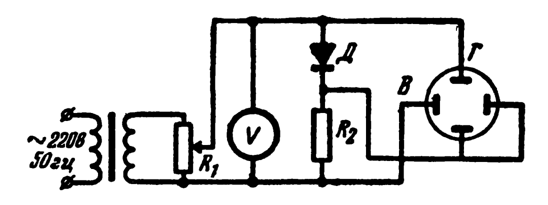


Рис. 5. Схема для определения пробивного напряжения полупроводниковых диодов (на переменном токе).

кальный и горизонтальный входы осциллографа. Увеличивая напряжение сопротивлением R_1 на цепочке и контролируя его по вольтметру, органами управления вертикального и горизонтального входов осциллографа устанавливают на экране размер изображения вольт-амперной характеристики, удобный для наблюдения. Постепенно увеличивают подводимое напряжение до тех пор, пока не появится изгиб на обратной ветви характеристики. Появление изгиба укажет на то, что это напряжение для данного диода пробивное.

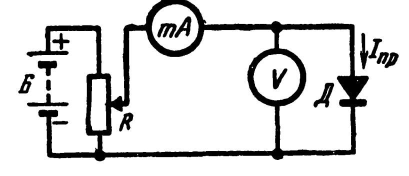


Рис. 6. Схема для проверки полупроводниковых диодов по прямому току (при проверке по обратному току вольтметр необходимо включать до микроамперметра).

Для проверки параметров $I_{обр.макс}$ и $I_{пр}$ на постоянном токе служит схема, приведенная на рис. 6.

Сменив полярность источника питания и заменив миллиамперметр микроамперметром, измеряют обратный максимальный ток при указанном в справочнике напряжении. При этом необходимо обращать внимание на постоянство обратного тока во времени. Диоды, у которых наблюдается «текучесть», для применения непригодны.

Зная прямой и обратный токи и соответствующие им прямые и обратные напряжения, можно определить прямое и обратное сопротивления диода.

Для стабилитронов основные характеристики следующие:

$I_{ст}$ — ток стабилизации;
$U_{ст}$ — напряжение стабилизации.

Эти параметры измеряют по схеме измерения обратного тока диодов.

Параметры фотодиодов, фототранзисторов и фотосопротивлений

Фотоэлементы, изготовленные на основе германия, с одним *p-n* переходом называются фотодиодами. Они могут быть точечными и плоскостными. Фотоэлементы с двумя *p-n* переходами называются фототранзисторами. Как первые, так и вторые представляют собой малоинерционные и высокочувствительные элементы. Они служат для преобразования световых сигналов в электрические.

Фотодиоды могут работать в режимах А и Б.

Режим А называют вентильным режимом, или режимом без внешнего источника напряжения (рис. 7).

Режим Б называют фотодиодным режимом, или режимом с внешним источником напряжения (рис. 8).

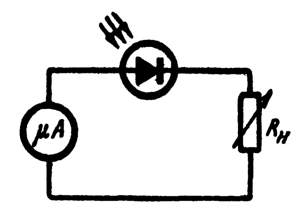


Рис. 7. Упрощенная схема для проверки фотодиодов, работающих в режиме А.

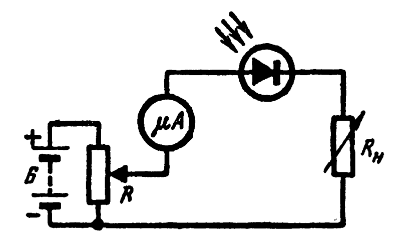


Рис. 8. Упрощенная схема для проверки фотодиодов, работающих в режиме Б.

Режим А характеризуется отсутствием темнового тока и низким уровнем собственных шумов, но имеет слишком малую фото-э. д. с. и резко выраженную нелинейность зависимости фототока от освещенности.

Режим Б характеризуется большим значением фототока (примерно в 2—3 раза больше, чем в режиме А), изменение собственного тока за счет фототока приблизительно пропорционально освещенности, но имеет темновой ток и внутренние шумы, гораздо большие, чем в режиме А.

Фототранзисторы характеризуются тем, что они способны усиливать первичный фототок в 100—1 000 раз. Однако они обладают более высоким уровнем внутренних шумов, чем фотодиоды. Включаются фототранзисторы по схеме, показанной на рис. 9.

Основные параметры для фотодиодов и фототранзисторов, приводящиеся в паспортных данных, следующие:

$I_т$ — темновой ток при рабочем напряжении;
$I_с$ — ток при освещении;
γ — наибольшая интегральная чувствительность;
$U_{раб}$ — рабочее напряжение;
$U_{наиб}$ — наибольшее рабочее напряжение;
$P_{макс}$ — наибольшая рассеиваемая мощность.

Параметры $I_т$, $I_с$, γ* могут быть подвергнуты проверке по схемам, приведенным на рис. 8 и 9, исключив из них сопротивления $R_н$. Большой ток $I_т$ уменьшает чувствительность и снижает падение напряжения на нагрузке при установке фотоэлемента в схему.

Основное назначение фотодиодов и фототранзисторов — служить чувствительными элементами в системах автоматических устройств, в фототелеграфии, в кинематографии. Основной недостаток их заключается в зависимости параметров от температуры.

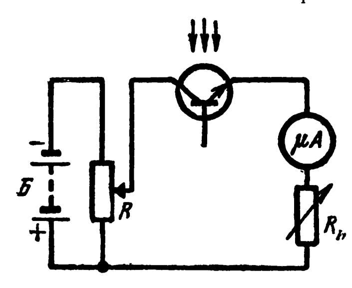


Рис. 9. Упрощенная схема для проверки фототранзисторов.

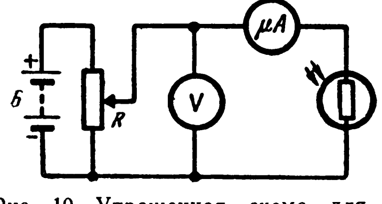


Рис. 10. Упрощенная схема для проверки фотосопротивлений.

Фотосопротивления представляют собой обычные активные сопротивления из слоя полупроводника, заключенного между двумя токопроводящими электродами. Приемную площадь фотосопротивления обычно покрывают пленкой прозрачного лака. Фотосопротивления имеют одинаковую проводимость в обоих направлениях, т. е. не имеют полярности. Фотосопротивления не преобразуют лучистой энергии в электрическую. Они служат только световыми реле, т. е. изменяют свое сопротивление под воздействием светового потока.

Основные параметры фотосопротивлений следующие:

k — удельная чувствительность;

$$k = \frac{I_с - I_т}{\Phi U}, \qquad (8)$$

где $I_с$ — ток при освещении;

$I_т$ — темновой ток;

Φ — световой поток;

U — приложенное напряжение;

γ — интегральная чувствительность;

$$\gamma = kU = \frac{I_с - I_т}{\Phi}. \qquad (9)$$

Максимальная интегральная чувствительность достигается при максимальном допустимом напряжении.

$U_{пред}$ — предельное рабочее напряжение;

$R_т$ — темновое сопротивление.

Для проверки параметров $R_т$ и k может быть использована схема, приведенная на рис. 10. Для этого в отсутствие света уста-

---

* Интегральная чувствительность определяется при наличии калиброванного источника света.

навливают рабочее напряжение, тогда через фотосопротивление будет протекать ток $I_т$ и величина $R_т$ определится из выражения

$$R_т = \frac{U_{раб}}{I_т}. \quad (10)$$

При наличии калиброванного светового потока определяют удельную чувствительность.

Достоинство фотосопротивлений заключается в том, что они не боятся «засветки», т. е. у них нет необратимой потери чувствительности при больших освещенностях. Они обладают сравнительно высокими фотоэлектрическими свойствами и просты в обращении. Фотосопротивления могут заменять фотоэлементы СЦВ или ЦГ.

Основные недостатки фотосопротивлений заключаются в их температурной зависимости и инерционности.

ИСПЫТАТЕЛЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ ИПП-1

Основные характеристики

Описываемый испытатель представляет собой малогабаритную универсальную конструкцию. Испытатель предназначен для проверки параметров, снятия статических характеристик транзисторов малой и средней мощности и фототранзисторов; проверки параметров и снятия вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов, стабилитронов и фотодиодов.

Испытатель позволяет проверять следующие параметры полупроводниковых приборов.

Обратный ток коллектора—$I_{к.о}$, обратный ток эмиттера—$I_{э.о}$, начальный ток коллектора—$I_{к.н}$, коэффициент усиления по току в схеме с общим эмиттером—β (для транзисторов).

Обратный максимальный ток диода—$I_{обр.макс}$ при указанном в паспорте обратном напряжении, прямой ток — $I_{пр}$ для точечных диодов при напряжении 1 *в*, для плоскостных диодов при напряжении 0,5 *в* (для диодов).

Напряжение стабилизации—$U_{ст}$, ток стабилизации—$I_{ст}$ (для стабилитронов).

Темновой ток—$I_т$ при рабочем напряжении, ток при освещении калиброванным источником света — $I_с$, интегральную чувствительность γ (для фотодиодов и фототранзисторов).

Темновое сопротивление $R_т$ при номинальном рабочем напряжении, удельную чувствительность k (для фотосопротивлений).

Для транзисторов снимаются выходные статические характеристики по схеме с общим эмиттером.

Для диодов снимаются вольт-амперные статические характеристики.

Для фотодиодов и фототранзисторов — выходные характеристики в зависимости от освещенности ($I=f(U)$ при $\Phi=\text{const}$).

Стрелочные приборы испытателя могут быть использованы как многопредельные миллиамперметры для налаживания схем.

Питание осуществляется от внутреннего источника постоянного тока. Цепь базы испытываемого транзистора питается от одной батареи КБС-Л-0,5; цепь коллектора — от пяти батарей КБС-Л-0,5:

на диоды напряжение подается от батарей, питающих цепь коллектора транзисторов. Напряжение изменяется плавно от 0 до 4,5 *в* и ступенями от 0 до 22,5 *в* через 4,5 *в*.

При испытании полупроводниковых устройств, имеющих большие рабочие напряжения, предусмотрено включение внешнего источника питания; при этом внутренний источник автоматически отключается.

Напряжение внутренних источников контролируют по вольтметру, в качестве которого служит один из микроамперметров с добавочным сопротивлением.

При снятии статических характеристик транзисторов и вольтамперных характеристик диодов напряжение необходимо контролировать внешним вольтметром с входным сопротивлением не менее 100 *ком/в*.

Точность измерений в значительной степени ограничена малыми размерами шкал микроамперметров и значительной величиной их внутреннего сопротивления.

Размеры испытателя — 70 × 150 × 220 *мм*, а его вес—2 *кг*.

Принципиальная схема

Принципиальная схема испытателя приведена на рис. 11. Транзисторы испытывают по схеме с общим эмиттером (рис. 12).

Испытываемый транзистор вставляется в гнезда держателя Д-1.

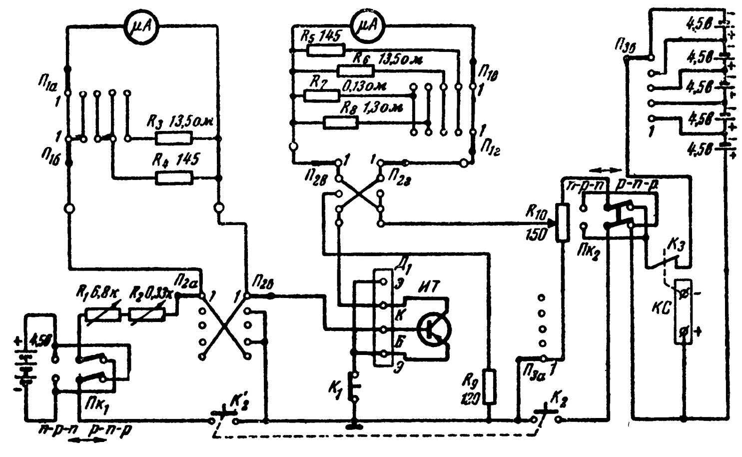


Рис. 11. Принципиальная схема ИПП-1.

Цепь базы коммутируется переключателем $П_2$ (платы $П_{2а}$, $П_{2б}$), а полярность источника тока — переключателем $Пк_1$. Ток базы регулируется сопротивлениями R_1 (грубо $I_б$) и R_2 (плавно $I_б$).

Пределы измерения стрелочного прибора в цепи базы коммутируются переключателем пределов измерения $П_1$ (платы $П_{1а}$, $П_{1б}$),

Цепь коллектора коммутируется переключателем $П_2$ (платы $П_{2в}$, $П_{2г}$).

Полярность источника питания цепи коллектора при испытании транзисторов типа *p-n-p* и *n-p-n* коммутируется переключателем $Пк_2$.

Сопротивление R_{10} и плата $П_{3б}$ переключателя $П_3$ служат соответственно для плавной и грубой регулировки напряжения на коллекторе.

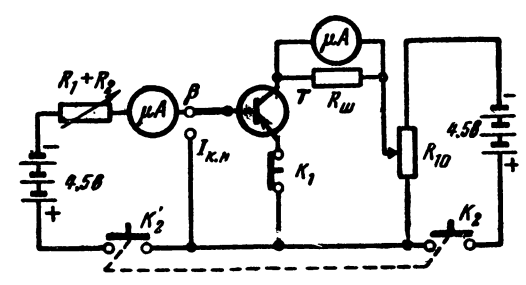


Рис. 12. Упрощенная схема ИПП-1 для испытания транзисторов на постоянном токе (схема с общим эмиттером).

Микроамперметр с добавочным сопротивлением R_9 может быть использован для контроля напряжения источников питания.

Кнопка K_1 служит для размыкания цепи эмиттера; кнопки K_2 и K'_2 — для переключения источников питания.

При испытании диодов, фотодиодов и фотосопротивлений используется только схема коллекторной цепи испытателя.

Полупроводниковый прибор включают в гнезда *К* и *Э* держателя $Д_1$. При этом необходимо следить за правильностью включения полярности для диодов, стабилитронов и фотодиодов. Для фотосопротивлений полярность безразлична.

Конструкция, детали и монтаж

Внешний вид прибора показан на рис. 13. Корпус изготовлен из органического стекла белого цвета толщиной 3 *мм*; размер ящика 70 × 150 × 220 *мм*.

Основные органы управления и стрелочные приборы расположены на лицевой панели.

Для коммутации применены три переключателя 5П2Н с двумя платами каждый. Для переключения полярности источников питания использованы два переключателя Т-2П.

В качестве стрелочных приборов служат два магнитоэлектрических микроамперметра ПМС (100 *мка*).

Сопротивления R_1 и R_2 типа СП-1-А, сопротивление R_{10} проволочное. Шунты R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8 — проволочные; они намотаны проводом ПЭШОК 0,2 на высокоомных сопротивлениях МЛТ.

Кнопочные выключатели K_1 и K_2 изготовлены на основе концевых микровыключателей. Первый из них работает при нажатии на

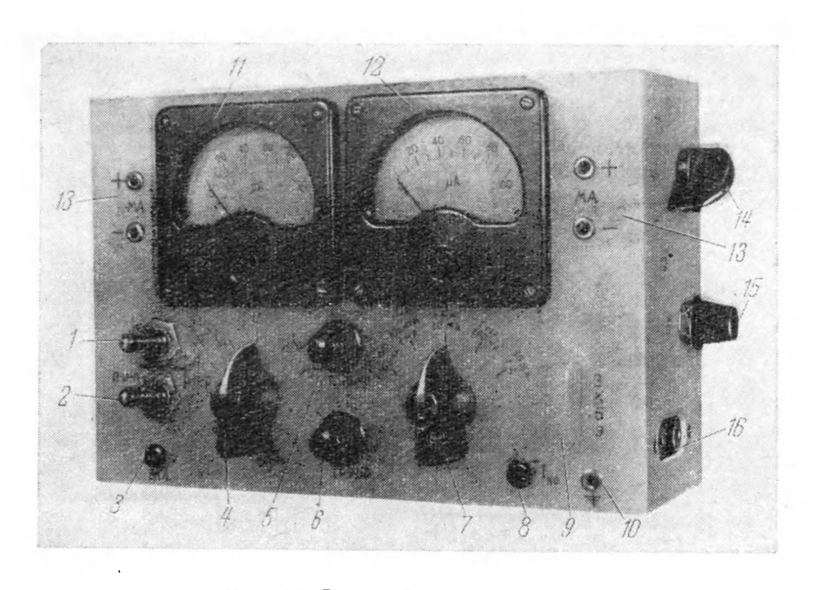


Рис. 13. Внешний вид испытателя.

1 — переключатель полярности $Пк_2$ напряжения в цепи коллектора; *2* — то же $Пк_1$ в цепи базы; *3* — кнопка $K_2K'_2$ включения питания; *4* — переключатель рода работы $П_2$; *5* — переменное сопротивление R_1; *6* — то же R_2; *7* — переключатель $П_1$ пределов измерения (верхняя шкала относится к левому прибору, нижняя шкала — к правому); *8* — кнопка K_1 разрыва цепи эмиттера; *9* — держатель $Д_1$; *10* — гнездо общего провода; *11* — микроамперметр в цепи базы; *12* — то же в цепи коллектора, *13* — гнезда миллиамперметров; *14* — переключатель $П_3$; *15* — потенциометр R_{10}; *16* — колодка *КС* для подключения внешнего источника питания.

размыкания цепи, второй — на замыкание. На рис. 14 показан вариант крепления выключателей и самодельные конструкции выключателей K_1, K_2.

Собственно кнопки сделаны из эбонита, а корпус — из трех пластинок органического стекла; пружинящие контакты использованы от реле. Корпус приклеен к панели прибора дихлорэтаном.

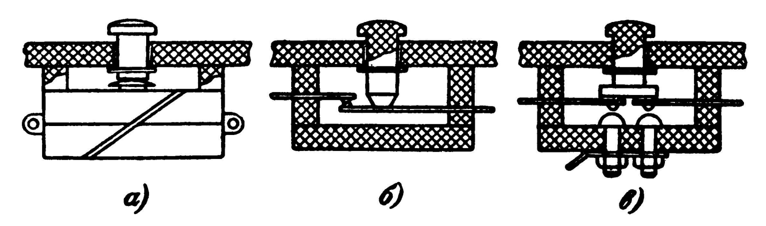


Рис. 14. Крепление и конструкции кнопочных выключателей.

а — вариант крепления кнопочного выключателя, выполненного на основе микровыключателя КВ-6А; *б* и *в* — простейшие конструкции самодельных кнопочных выключателей.

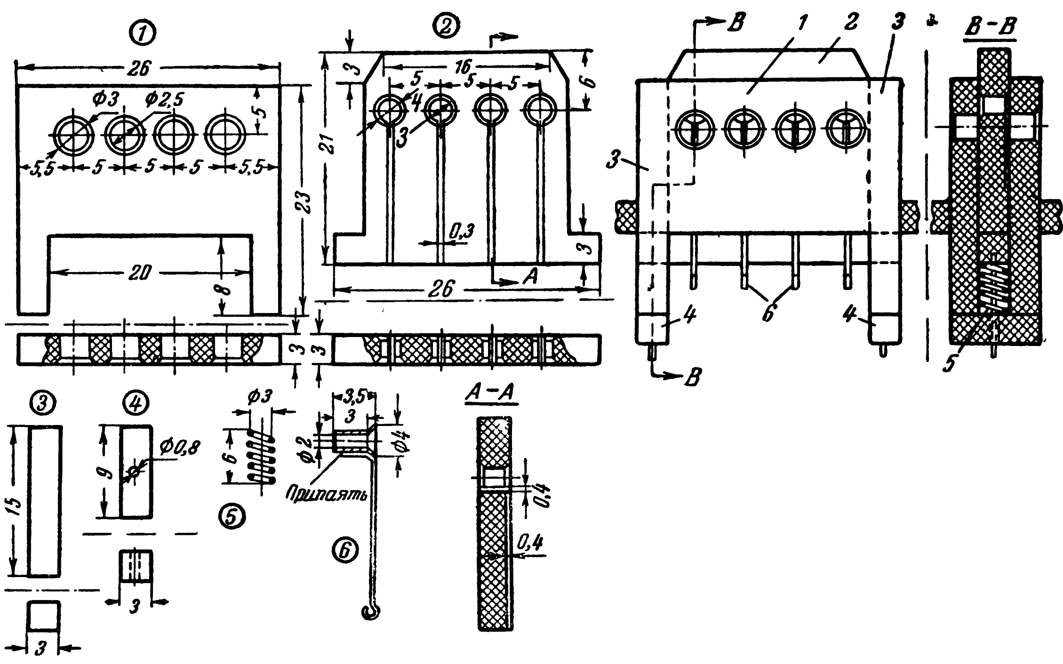


Рис. 15. Конструкция держателя $Д_1$.

1 — щечка (2 шт.); *2* — движок; *3* — боковая стенка (2 шт); *4* — нижняя опора пружины (2 шт.); *5* — пружина (2 шт.); *6* — контактный пистон с выводом (4 шт).

Конструктивное выполнение держателя $Д_1$ показано на рис. 15.

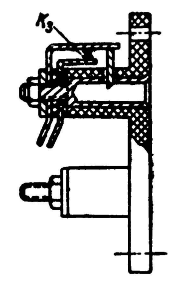


Рис. 16. Двухполюсная колодка с контактами.

Корпус и движок держателя сделаны из органического стекла. Его отдельные детали склеивают клеем, изготовленным из стружки органического стекла и дихлорэтана в пропорции 1 : 3. Держатель имеет четыре отверстия, из них два соединены с эмиттером для удобства при измерении транзисторов, имеющих иной порядок выводов. При этом не требуется изгибать выводы, которые имеют ограниченную прочность.

Колодку с контактами для включения внешнего источника питания можно изготовить на основе обыкновенной двухполюсной колодки, используя контакты реле. Один из вариантов колодки показан на рис. 16. В исходном состоянии контакты $К_3$ замкнуты; включая штеккер в верхнее гнездо, контакты размыкаются и внутренний источник питания отключается.

Для того чтобы можно было испытывать любые транзисторы и диоды по внешнему оформлению, а также мощные диоды и транзисторы, требующие радиатора для охлаждения, не-

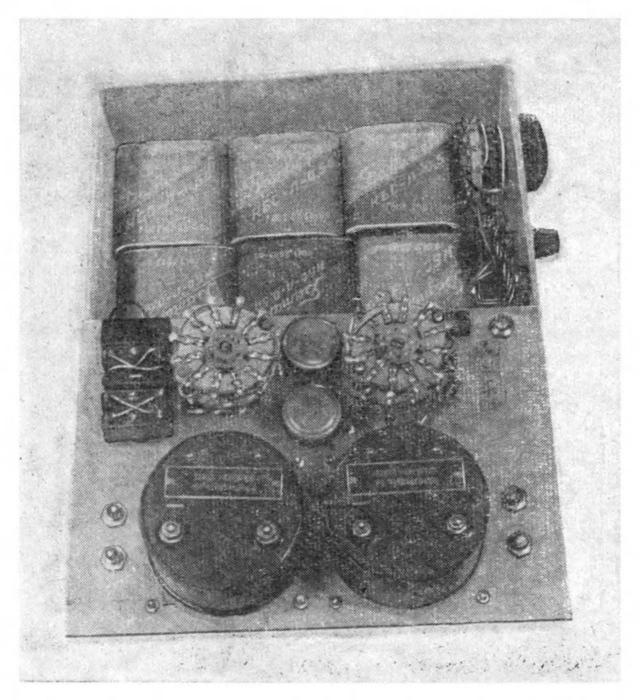


Рис. 17. Размещение деталей на монтажной панели и в корпусе.

обходимо изготовить три удлинителя, оканчивающиеся зажимами типа «крокодил». В качестве наиболее эффективного и небольшого по размерам радиатора можно использовать радиатор от лампы ГИ-7Б.

Монтаж испытателя чрезвычайно прост. Почти все детали и приборы монтируют непосредственно на верхней панели. Батареи

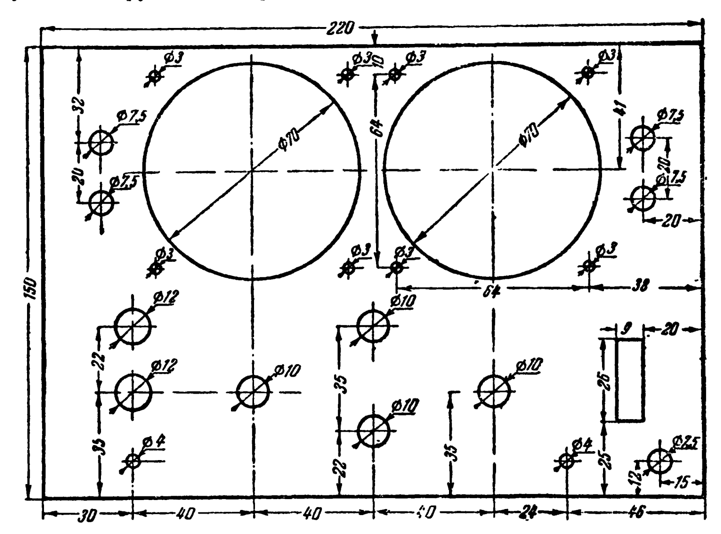


Рис. 18. Разметка верхней панели.

КБС-Л-0,5 укладывают в один ряд на дне корпуса (рис. 17). Разметка передней панели показана на рис. 18. Возможен более простой вариант конструкции, если использовать внешние миллиамперметры с необходимыми пределами измерения. Но этот вариант менее удобен для работы.

Порядок работы с испытателем

Рассмотрим последовательно порядок работы с прибором при испытании отдельно каждого вида полупроводниковых приборов.

Испытание транзисторов. Переключатели $Пк_1$ и $Пк_2$ устанавливают в положение, соответствующее характеру перехода испытываемого транзистора (*p-n-p* или *n-p-n*). Переключатель $П_2$ «род работы» устанавливают в среднее положение «*U*». Переключатель «пределов измерения» $П_1$ устанавливают в среднее положение. При этом правый на верхней панели микроамперметр с шунтом на 10 *ма* и добавочным сопротивлением R_9 служит вольтметром с низким входным сопротивлением, что позволяет проверить источник питания коллекторной цепи под некоторой нагрузкой. Полное отклонение стрелки прибора соответствует 25 *в*. Нажимая кнопку K_2, проверяют напряжение батарей, для чего переключатель $П_3$ устанавливают последовательно в положения: 4,5 *в*; 9 *в* и т. д. (движок потенциометра R_{10} находится в крайнем правом положении).

Установить переключатель $П_3$ в нужное положение и вставить транзистор в держатель $Д_1$ согласно его цоколевке.

Прежде всего необходимо убедиться в отсутствии пробоя транзистора. Для этого переключатель «рода работы» устанавливают в положение «$I_{к.н}$», соответствующее характеру перехода транзистора. Переключатель «пределов измерения» устанавливают в крайнее правое положение, чтобы не вывести из строя микроамперметр, если транзистор окажется пробит. Нажать кнопку K_2. Если стрелка микроамперметра не отклонится, то, значит, пробоя нет и можно приступать к дальнейшей проверке транзистора.

Вращая переключатель пределов измерения против часовой стрелки, выбрать предел, на котором стрелка микроамперметра установится в удобное для отсчета положение, и отсчитать ток $I_{к.н}$.

Если даже на самом малом пределе измерения показания будут отсутствовать, то это значит, что в транзисторе имеется обрыв. Такой транзистор отбраковывают.

После проверки транзистора по начальному току проверяют ток $I_{к.о}$; для этого при нажатой кнопке K_2 разрывают цепь эмиттера нажатием кнопки K_1 и производят отсчет.

Как при первом, так и при втором измерении желательно некоторое время (10—15 *сек*) понаблюдать за стрелкой микроамперметра. Если показания будут изменяться, то такой транзистор непригоден для использования, так как это укажет на «текучесть», которая быстро выведет транзистор из нормального режима и наступит пробой. Хотя в некоторых случаях в схемах с хорошей режимной стабилизацией возможно применение таких транзисторов, но надежность их работы очень мала.

Затем приступают к проверке коэффициента усиления по току β в схеме с общим эмиттером. Для этого сначала сопротивления R_1 и R_2 устанавливают в крайнее левое положение, переключатель «род работы» — в положение β, переключателем «пределы измерений» выбирают необходимый предел измерения (для маломощных транзисторов 10—100 *ма*, а для транзисторов средней и большой мощности 100 *ма*—1 *а*). Нажимают кнопку K_2 и сопротивлениями R_1 «плавно $I_б$» и R_2 «грубо $I_б$» по левому микроамперметру согласно с положением переключателя пределов измерения устанавливают ток базы порядка 100—200 *мка* и отсчитывают ток в цепи коллектора. Затем увеличивают ток базы $\Delta I_б$ на 100 *мка* и снова отсчитывают ток коллектора. Разность второго и первого показаний, поделенная на величину приращения тока базы, дает величину коэффициента усиления β.

Необходимо отметить, что все указанные измерения обычно производятся при вполне определенных значениях напряжения на коллекторе, приведенных в табл. 1.

Транзисторы, предназначенные для работы в импульсных схемах, проверяют по обратному току эмиттера $I_{э.о}$. Для этого необходимо отключить вывод коллектора и изменить переключателем $Пк_1$ полярность напряжения на участке база—эмиттер. Затем выбрать необходимый предел измерения левого гальванометра переключателем пределов измерения и, нажав кнопку «Вкл.», произвести отсчет. При этом сопротивления R_1 и R_2 должны находиться в крайнем правом положении. Необходимо учесть, что $I_{э.о}$ измеряют при напряжении $U_{э.б}$, равном 4,5 *в*. Если нужно сравнить с паспортными предельны-

ми значениями, то полученные результаты пересчитывают, пользуясь соотношением (4).

Выходные статические вольт-амперные характеристики транзисторов (рис. 19), включенных по схеме с общим эмиттером, снимают следующим образом. Включают транзистор для измерения коэффициента усиления. Подключают внешний вольтметр с входным сопротивлением не менее 100 *ком/в* к участку коллектор—эмиттер и выбирают необходимый предел измерения гальванометра. Нажав кнопку «Вкл.», устанавливают ток базы сопротивлениями R_1 и R_2 для маломощных транзисторов 50—100 *мка*, для мощных 100—200 *мка*.

При данном токе базы изменяют напряжение на коллекторе от 0 до $U_{к.макс}$ (для данного транзистора) и записывают показания миллиамперметра в цепи коллектора.

На начальном участке *А* (от 0 до 1 *в*) следует изменять напряжение $U_к$ плавно через 0,1—0,2 *в*, а на участке *Б* — через 4,5 *в*. При этом следует внимательно следить за тем, чтобы мощность, рассеиваемая на транзисторе, не превышала $P_{макс}$ по паспорту (не учитывая мощность, рассеиваемую на участке эмиттер — база, можно приближенно считать, что $P_{макс} \leqslant I_к U_к$). Затем устанавливают новое значение тока базы и, изменяя напряжение $U_к$, записывают токи $I_к$. Для маломощных транзисторов ток базы изменяют через 100 *мка*, для транзисторов большей мощности — через 200—400 *мка*.

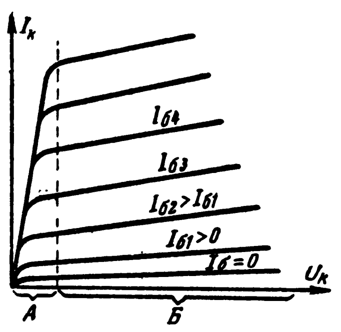


Рис. 19. Вольт-амперные характеристики транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером.

Полученную зависимость тока коллектора от напряжения на коллекторе при постоянном токе базы строят на миллиметровой бумаге.

Испытание диодов. Прибор подготавливают к работе так же, как и при испытании транзисторов. Сначала диод проверяют по обратному току. Для этого переключатель $Пк_2$ устанавливают в положение *n-p-n*. Переключатель рода работы $П_2$ — в положение β (влево), переключатель пределов измерения $П_1$ — на максимальный предел измерения. Переключателем $П_3$ устанавливают напряжение, равное $U_{обр}$ или близкое к нему. Включают диод в держатель $Д_1$ плюсовым выводом в гнездо «*Э*», а минусовым—в гнездо «*К*». Нажимая кнопку «Вкл.», наблюдают за показаниями правого гальванометра. Если диод не пробит, стрелка не отклонится. Далее переключателем пределов измерения выбирают предел, на котором стрелка устанавливается в положение, удобное для отсчета, и записывают отсчет. Сравнивают показания с табличными (табл. 2).

Практически с достаточной точностью можно испытать любой диод по обратному току, пользуясь только внутренним источником напряжения.

Имеется в виду следующее: обратную ветвь вольт-амперной характеристики диода можно считать линейной (для германиевых диодов при $t=20°$ С) до напряжения, равного $U_{обр}$. Следовательно,

если измерить обратный ток при напряжении 22,5 *в*, то можно определить величину обратного тока при заданном табличном значении $U_{обр}$:

$$I_{обр.макс} \approx \frac{U_{обр}}{22,5} I_{обр.изм},$$

где $I_{обр.изм}$ — обратный ток при $U_{обр} = 22,5$ *в*. При измерении обратного тока необходимо обратить внимание на наличие „текучести".

Затем проверяют диод по прямому току, для чего устанавливают напряжение источника питания $U_{пр}$, равное 1 *в* для точечных диодов или 0,5 *в* для плоскостных диодов. Переключатель пределов измерения устанавливают в положение, соответствующее ожидаемым показаниям (см. табл. 2). Затем переключатель $Пк_2$ устанавливают в положение «*p-n-p*»; нажимая кнопку «Вкл.», регистрируют отсчет, при этом необходимо контролировать напряжение в прямом направлении.

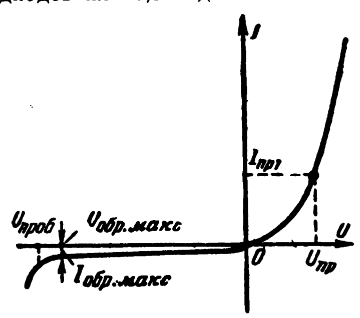


Рис. 20. Вольт-амперная характеристика полупроводникового диода.

Вольт-амперные характеристики диодов (рис. 20) снимают путем изменения подводимого напряжения и фиксации токов. Сначала снимают обратную ветвь характеристики, затем — прямую ветвь. Кроме того, необходимо учесть, что при снятии ветви характеристики прямого тока напряжение изменяют через 0,1 *в*, а обратного тока — через 1—2 *в* на начальном участке характеристики и далее через 5—10 *в* до напряжения, равного $U_{обр.макс}$.

Испытание стабилитронов. Стабилитрон включают так же, как полупроводниковый диод для проверки по прямому и обратному току (обратной полярностью по отношению к указанной на корпусе). Значение тока и напряжения в прямом направлении указаны в справочных таблицах. Отличительная особенность испытания состоит в том, что в обратном направлении стабилитрон испытывают по допустимой величине обратного сопротивления, причем это сопротивление определяется при напряжении не выше 30% от рабочего (рис. 21) обычно при $U_{обр}$, равном 1—3 *в* для маломощных стабилитронов и 3—5 *в* для стабилитронов средней мощности (табл. 3).

Если стабилитрон пригоден по указанным параметрам, то приступают к определению основных параметров напряжения и тока стабилизации.

Включают внешний источник питания через добавочное сопротивление 100 *ом* (для стабилитронов малой и средней мощностей, напряжение стабилизации которых не выше 15 *в*) и через сопротивление 10—50 *ом* (для стабилитронов средней и большой мощностей), рассчитанное на мощность не меньшую, чем та, на которую рассчитаны стабилитроны.

Изменяя напряжение источника от нуля до величины, при которой через стабилитрон протекает ток, равный $I_{ст.наиб}$, наблюдают

за показаниями вольтметра, подключенного параллельно стабилитрону. Сначала напряжение на стабилитроне должно расти, а ток, протекающий через стабилитрон, должен почти не изменяться и быть очень малым.

При достижении напряжения, близкого к $U_{ст}$, ток быстро увеличивается, а напряжение остается почти постоянным. При изменении тока стабилизации приблизительно от 5 *ма* до $I_{ст.макс}$ напряжение стабилизации должно быть в пределах, указанных для данного стабилитрона.

Испытание фотодиодов и фототранзисторов. Переключатель рода работы устанавливают в правое положение β, переключатель $Пк_2$ — в положение *p-n-p*, переключатель пределов измерений — в положение 10—100 *ма* (на случаи, если фотоэлемент окажется пробитым). Переключателем $П_3$ устанавливают рабочее напряжение (см. табл. 5).

Включают фотодиод в гнезда держателя $Д_1$ плюсовым выводом в гнездо *К*, минусовым — в гнездо *Э*.

Фототранзистор включают выводом, маркированным белой точкой (коллектор) в гнездо *К*, вторым выводом — в гнездо *Э*.

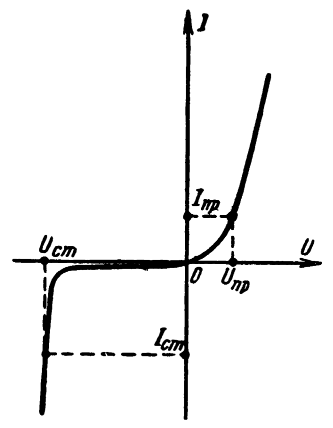


Рис. 21. Вольт-амперная характеристика стабилитрона.

Прозрачное окно фотоэлемента затемняют и, нажав кнопку «Вкл.», переключателем пределов измерений выбирают предел, удобный для отсчета. Затем открывают прозрачное окно и наблюдают за реакцией фотоэлемента на рассеянный дневной свет (на расстоянии 1 *м* от окна). Если показания микроамперметра близки к указанным в справочных таблицах для $I_с$, то фотоэлемент можно подвергать дальнейшему исследованию (определять интегральную чувствительность и снимать статические световые характеристики).

Для определения интегральной чувствительности необходимо иметь калиброванный источник света.

В качестве такого источника можно собрать очень простое устройство, состоящее из автомобильной лампы со сферической колбой и короткой нитью накаливания на 6 *в* 10 *св* или на 12 *в* 21 *св* и аккумуляторной батареи.

Выводы к лампе должны быть припаяны, а напряжение аккумулятора должно быть точно равно указанному на лампе.

Зная силу света источника *J* (в свечах) и задаваясь расстоянием *r* от источника света до исследуемого фотоэлемента (в метрах), определяют освещенность *E* (в люксах):

$$E = \frac{J}{r^2}.$$

Для того чтобы получить световой поток *Ф* (в люменах), необходимо освещенность умножить на *S* — площадь поверхности светочувствительного слоя в квадратных метрах.

Тогда интегральная чувствительность выразится соотношением:

$$\gamma = \frac{(I_c - I_т) r^2}{J \cdot S} \; [ма/лм, \; мка/лм],$$

где I_c — ток при освещении на заданном расстоянии;
$I_т$ — ток в темноте.

Измерив разность токов, определяют интегральную чувствительность фотоэлемента.

Для фотодиода ФД-2 и фототранзистора ФТГ-1 площадь светочувствительной поверхности равна 0,008 *см*², а для ФД-1 и ФД-3 соответственно 0,12 и 0,07 *см*².

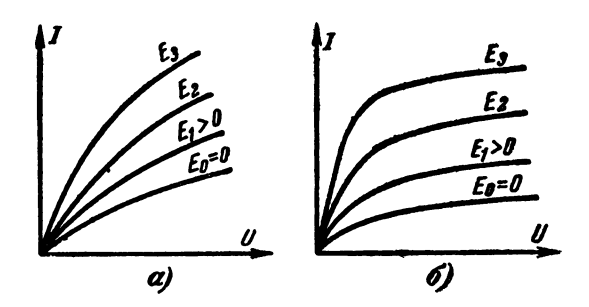


Рис. 22. Статические характеристики (*а*) фотодиода и (*б*) фототранзистора в зависимости от освещенности.

Статические световые характеристики (рис. 22) снимают так же, как статические выходные характеристики транзисторов, только здесь функцию тока базы выполняет освещенность. Изменяя освещенность через 100—200 *лк*, меняют напряжение от нуля до предельного, не допуская при этом перегрузок по рассеиваемой мощности на переходах.

Испытание фотосопротивлений. Фотосопротивления включают в держатель $Д_1$ так же, как диоды, но полярность включения в этом случае безразлична. Устанавливают напряжение, равное $U_{раб}$, закрывают световое окно и определяют темновое сопротивление:

$$R_т = \frac{U_{раб}}{I_т}.$$

Затем определяют величину интегральной чувствительности так же, как для фотодиодов. Тогда удельная чувствительность определится из соотношения

$$k = \frac{\gamma}{U} \; [ма/лм \cdot в, \; мка/лм \cdot в].$$

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

При испытании полупроводниковых приборов нужно знать максимальные значения: мощности рассеяния, напряжения и тока при заданной температуре окружающей среды. На рис. 23 показаны три максимальных энергетических предела при температуре 20° С. Заштрихованная область — рабочая.

Ниже помещены таблицы, составленные с учетом особенностей работы прибора ИПП-1. В них приведены три энергетических предела, которые необходимо знать, прежде чем включать полупроводниковый прибор в испытатель, а также приводятся значения измеряемых параметров, чтобы иметь возможность сравнивать полученные результаты с теми, которые должны быть; эти данные служат ориентировочными величинами при выборе пределов измерения микроамперметров. Кроме того, в таблицах указано, при каких напряжениях на электродах проверяется тот или иной параметр в заводских условиях.

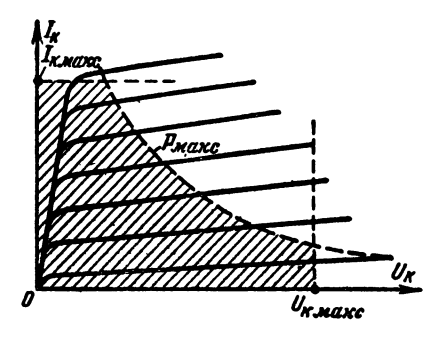


Рис. 23. Выходные статические вольтамперные характеристики транзистора; три максимальных предела. (Рабочая область заштрихована).

Параметры неэнергетического порядка (предельная частота, емкость перехода и назначение прибора) указаны для того, чтобы помочь радиолюбителю выбрать ориентировочно транзистор или диод, не прибегая к многочисленным справочникам. Более подробные сведения о конкретно выбранном полупроводниковом приборе можно почерпнуть из справочной литературы.

Таблица 1

Транзисторы малой мощности

Марка прибора	Переход	Предельно допустимые значения энергетических параметров			$I_{к.н}$, *мка* при $U_к$, *в*, не более	$I_{к.о}$, *мка* при $U_к$, *в*, не более	$I_{в.о}$, *мка* при $U_{вб}$, *в*, не более	β при $U_к$, *в* не менее	*fα*, *Мгц*, не менее	$C_к$, *пф*, не более	Назначение
		$I_{к.макс}$, *ма*	$U_{к.макс}$, *в*	$P_{макс}$, *мвт*							
П5А	*p-n-p*	10	10	25	—	5/2	3/2	15—50/2	0,1	60	Усиление сигналов звуковых частот
П5Б	»	10	10	25	—	5/2	3/2	20—40/2	0,3	50	
П5В	»	10	10	25	—	5/2	3/2	50/2	0,3	50	
П5Г	»	10	10	25	—	5/2	3/2	50/2	0,3	50	
П5Д	»	10	10	25	—	5/2	3/2	25/2	0,3	50	
П5Е	»	10	10	25	—	5/2	3/2	25/2	0,3	50	
П6А	*p-n-p*	10	10	150	—	10/2	10/2	10—50/5	0,1	50	Усиление звуковой и промежуточной частоты
П6Б	»	10	10	150	—	5/2	5/2	10—25/5	0,465	50	
П6В	»	10	10	150	—	5/2	5/2	10—50/5	0,465	50	
П6Г	»	10	10	150	—	5/2	5/2	30—100/5	1,0	50	
П6Д	»	10	10	150	—	5/2	5/2	10—50/5	0,465	50	
П7	»	45	6,5	45	—	30/5	—	30/2	—	—	
П8	*n-p-n*	20	15	150	20/15	—	25/15	10—25/5	0,5	40	Усиление и генерирование в диапазоне до 2 *Мгц*
П9А	»	20	15	150	20/15	—	25/15	15—45/5	1,0	35	
П10	»	20	15	150	20/15	—	25/15	15—30/5	1,0	35	
П10А, Б	»	20	30	150	70/30	—	25/30	25—50/5	1,0	35	
П11	*n-p-n*	20	15	150	20/15	—	25/15	25—50/5	2,0	30	Усиление и генерирование в диапазоне до 2 *Мгц*
П11А	»	20	15	150	20/15	—	25/15	45—90/5	2,0	30	

Марка прибора	Переход	Предельно допустимые значения энергетических параметров			$I_{к.н}$, *мка* при $U_к$, *в*, не более	$I_{к.о}$, *мка* при $U_к$, *в*, не более	$I_{э.о}$, *мка* при $U_{э.б}$, *в*, не более	β при $U_к$, *в* не менее	f_α, *Мгц*, не менее	$C_к$, *пф*, не более	Назначение
		$I_{к.макс}$, *ма*	$U_{к.макс}$, *в*	$P_{макс}$, *мвт*							
П12	*p-n-p*	5	6	30	—	6/6	20/6	20—70/3	5,0	14	Генерирование и усиление колебаний высокой частоты
П12А	»	5	6	30	—	6/6	10/6	20—40/6	5,0	14	
П13	*p-n-p*	20	15	150	30/15	5/5	30/15	12—45/5	0,5	45	Усиление и генерирование сигналов в диапазоне до 2 *Мгц*
П13А	»	20	15	150	30/15	3/5	30/15	20—60/5	0,5	45	
П13Б	»	20	15	150	30/15	2/5	30/15	20—60/5	1,0	45	
П14	*p-n-p*	20	15	150	30/15	3/5	30/15	20—40/5	1,0	45	Допускается работа в импульсных схемах
П14А	»	20	30	150	30/30	2/5	30/30	20—40/5	1,0	45	
П14Б	»	20	30	150	50/30	3/5	30/30	30—60/5	1,0	45	
П15	»	20	15	150	30/15	3/5	30/15	30—60/5	2,0	45	
П15А	»	20	15	150	30/15	3/5	30/15	50—100/5	2,0	45	
П16	*p-n-p*	50	15	200	4/10	2/5	2/15	20—35/5	2,0	45	Работа в схемах переключения и в триггерных схемах
П16А	»	50	15	200	3/10	2/5	2/15	30—50/5	2,0	45	
П16Б	»	50	15	200	3/10	2/5	2/15	45—100/5	2,0	45	
П19	»	30	6	30	—	1/5	0,5/5	20/2	5,0	15	
П20	»	50	30	150	—	20/5	1,0/5	50—150/5	1,5	20	
П21	*p-n-p*	50	30	150	—	5/5	1,0/5	20—60/5	1,5	20	Генерирование импульсных колебаний специальной формы, работа в импульсных схемах
П22	»	10	20	100	—	—	—	5/5	1,0	20	
П23	»	10	30	100	—	—	—	5/5	3,0	18	
П21А	»	50	25	150	—	5/5	1,0/5	50—150/5	1,5	20	

Продолжение табл. 1

Марка прибора	Переход	Предельно допустимые значения энергетических параметров			$I_{к.н}$, *мка* при $U_к$, *в*, не более	$I_{к.о}$, *мка* при $U_к$, *в*, не более	$I_{э.о}$, *мка* при $U_{э.б}$, *в*, не более	β при $U_к$, *в* не менее	$f_α$, *Мгц*, не менее	$C_к$, *пф*, не более	Назначение
		$I_{к.макс}$, *ма*	$U_{к.макс}$, *в*	$P_{макс}$, *мвт*							
П25	*p-n-p*	20	60	200	—	50/20	150/60	10—25/40	0,2	50	Работа в триггерных и переключающих схемах, в каскадах усиления
П25А	»	20	60	200	—	50/20	150/60	20—50/40	0,2	50	
П25Б	»	20	60	200	—	50/20	150/60	30—80/40	0,2	50	
П26	»	30	100	200	—	60/35	150/60	10—25/70	0,2	50	
П26А	»	30	100	200	—	60/35	150/60	20—50/70	0,2	50	
П26Б	»	30	100	200	—	60/35	150/60	30—80/70	0,5	40	
П27	*p-n-p*	6	5	30	—	3/2	—	20/5	1,0	50	Усиление электрических колебаний до частот 5 *Мгц* с низким уровнем шумов
П27А	»	6	5	30	—	3/2	—	30/5	1,0	50	
П28	»	6	5	30	—	5/2	—	45/5	5,0	50	
П29	*p-n-p*	6	12	30	—	4/12	4/12	25/0,5	5,0	20	Работа в переключающих и импульсных схемах
П29А	»	6	12	30	—	4/12	4/12	45/0,5	5,0	20	
П30	»	6	12	30	—	4/12	4/12	80/0,5	5,0	20	
П101	»	20	10	150	—	30/5	3/20	9/5	0,5	100	Усиление и генерирование до 1 *Мгц*
П101А	*p-n-p*	20	10	150	—	30/5	3/20	10/5	0,5	100	Допускается применение в импульсных схемах
П101Б	»	20	10	150	—	30/10	3/20	13/5	0,5	100	
П102	»	20	10	150	—	30/10	3/10	9/5	1,0	100	
П103	»	20	10	150	—	30/10	3/10	9/5	1,0	100	

Марка прибора	Переход	Предельно допустимые значения энергетических параметров			$I_{к.н}$, *мка* при $U_к$, *в*, не более	$I_{к.о}$, *мка* при $U_к$, *в*, не более	$I_{э.о}$, *мка* при $U_{э.б}$, *в*, не более	β при $U_к$, *в* не менее	$f_α$, *Мгц*, не менее	$C_к$, *пф*, не более	Назначение
		$I_{к.макс}$, *ма*	$U_{к.макс}$, *в*	$P_{макс}$, *мвт*							
П104	*p-n-p*	10	60	150	1/60	0,5/5	0,5/5	9/5	0,6	60	Усиление и генерирование в диапазоне до 465 *кгц*
П105	»	10	60	150	1/50	0,5/5	0,5/5	9/5	0,6	60	
П106	»	10	30	150	1/20	0,5/5	1/5	9/5	1,5	50	
П401	*p-n-p*	10	10	50	—	10/5	—	16/5	30	15	Усиление и генерирование в диапазоне КВ и УКВ, работа в импульсных схемах
П402	»	10	10	100	—	5/5	—	16/5	60	10	
П403	»	10	10	100	—	5/5	—	16—32/5	120	10	
П403А	»	10	10	100	—	5/5	—	32/5	120	10	
П404	*p-n-p*	5	4,5	10	—	5/3	—	15/3	15	25	Усиление и генерирование колебаний высокой частоты
П404А	»	4	4,5	10	—	2/3	—	15/3	15	25	
П405	»	4	4,5	10	—	5/3	—	20/3	30	15	
П405А	»	4	4,5	10	—	2/3	—	20/3	30	15	
П406	*p-n-p*	5	6	30	—	6/6	10/6	20/6	10	14	Усиление, генерирование и работа в импульсных схемах
П407	»	5	6	30	—	6/6	10/6	20/6	20	14	
П408	»	5	6	30	—	1/5	0,5/5	20/5	10	15	
П409	»	5	6	30	—	1/5	0,5/5	20/5	20	15	
П410	*p-n-p*	20	6	100	5/8	2/3	—	32/5	200	4	Усиление и генерирование на СВЧ
П410А	»	20	6	100	5/8	2/3	—	100/5	400	2	
П411	»	20	6	100	5/8	2/3	—	80/5	400	2	
П411А	»	20	6	100	5/8	2/3	—	100/5	400	2	

Продолжение табл. 1

Марка прибора	Переход	Предельно допустимые значения энергетических параметров			$I_{к.н}$, *мка* при $U_к$, *в*, не более	$I_{к.о}$, *мка* при $U_к$, *в*, не более	$I_{э.о}$, *мка* при $U_{э.б}$, *в*, не более	β при $U_к$, *в* не менее	f_α, *Мгц*, не менее	$C_к$, *пф*, не более	Назначение
		$I_{к.макс}$, *ма*	$U_{к.макс}$, *в*	$P_{макс}$, *мвт*							
П414	*p-n-p*	10	10	100	—	2/5	—	25—100/5	60	8,5	Усиление и генерирование в диапазоне до 120 *Мгц* и работа в импульсных схемах
П414А	»	10	10	100	—	2/5	—	60—120/5	60	8,5	
П414Б	»	10	10	100	—	2/5	—	100—200/5	60	8,5	
П415	»	10	10	100	—	2/5	—	25—100/5	120	8,0	
П415А	»	10	10	100	—	2/5	—	60—120/5	120	8,0	
П415Б	»	10	10	100	—	2/5	—	100—200/5	120	8,0	
П416	»	15	12	100	—	3/5	100/2	20/5	80	8,0	
П416А	»	15	12	100	—	2/5	100/2	30/5	80	8,0	
П416Б	»	15	12	100	—	2/5	100/2	50/5	100	5,0	
П420	*p-n-p*	10	10	50	—	10/5	—	12/5	30	20	Усиление и генерирование в диапазонах до 120 *Мгц*
П421	»	10	10	50	—	10/5	—	15/5	30	15	
П422	»	10	10	50	—	5/б	—	30—100/5	30	15	
П422А	»	10	10	50	—	5/5	—	15/5	60	10	
П423	»	10	10	50	—	5/5	—	30—100/5	120	10	
П423А	»	10	10	50	—	5/5	—	15/5	120	10	
П501	*p-n-p*	10	20	150	—	100/10	1/1	10/10	10	—	Усиление и генерирование в диапазоне до 60 *Мгц*
П501А	»	10	20	150	—	100/10	1/1	15/10	10	—	
П502	»	10	20	150	—	120/10	1/1	20/10	30	—	

Продолжение табл. 1

Марка прибора	Переход	Предельно допустимые значения энергетических параметров			$I_{к.н}$, *мка* при $U_к$, *в*, не более	$I_{к.о}$, *мка* при $U_к$, *в*, не более	$I_{э.о}$, *мка* при $U_{э.б}$, *в*, не более	β при $U_к$, *в* не менее	$f_α$, *Мгц*, не менее	$C_к$, *пф*, не более	Назначение
		$I_{к.макс}$, *ма*	$U_{к.макс}$, *в*	$P_{макс}$, *мвт*							
П502А	*p-n-p*	10	20	150	—	100/10	1/1	20/10	30	—	Усиление и генерирование в диапазоне до 60 *Мгц*
П502Б	„	10	20	150	—	100/10	1/1	20/10	30	—	
П502В	„	10	20	150	—	100/10	1/1	20/10	30	—	
П503	„	10	20	150	—	100/10	1/1	30/10	60	—	
П503А	„	10	20	150	—	120/10	1/1	30/10	60	—	

Таблица 1а

Мощные транзисторы

Марка прибора	Переход	Предельно допустимые значения энергетических параметров			$I_{к.н}$, *ма*, при $U_к$, *в*, не более	$I_{к.о}$, *ма*, при $U_к$, *в*, не более	$I_{э.о}$, *ма*, при $U_{э.б}$, *в*, не более	β при $U_к$, *в*, не менее	$f_α$, *Мгц*, не менее	$C_к$, *пф*, не более	Назначение
		$I_{к.макс}$, *а*	$U_{к.макс}$, *в*	$P_{макс}$, *вт*							
П4А	*p-n-p*	5,0	50	2,0	50/50	0,5/10	0,5/10	5/10	0,15	—	Усиление звуковых частот, схемы переключения, преобразователи постоянного напряжения
П4Б	„	5,0	60	3,0	20/60	0,4/10	0,5/10	15—40/10	0,15	—	
П4В	„	5,0	35	3,0	20/35	0,4/10	0,5/10	10/10	0,15	—	
П4Г	„	5,0	50	3,0	0,5/10	0,4/10	0,5/10	15—30/10	0,15	—	
П4Д	„	5,0	50	3,0	20/50	0,4/10	0,5/10	30/10	0,15	—	

Продолжение табл. 1а

Марка прибора	Переход	Предельно допустимые значения энергетических параметров: $I_{к.макс}$, *а*	$U_{к.макс}$, *в*	$P_{макс}$, *вт*	$I_{к.н}$, *ма*, при $U_к$, *в*, не более	$I_{к.о}$, *ма*, при $U_к$, *в*, не более	$I_{э.о}$, *ма*, при $U_{э.б}$, *в*, не более	β при $U_к$, *в*, не менее	f_α, *Мгц*, не менее	$C_к$, *пф*, не более	Назначение
П201	*p-n-p*	1,5	30	1,0	5/30	0,4/20	0,4/10	20/10	0,1	—	Усиление звуковых частот, схемы переключения, преобразователи напряжения
П201А	„	2,0	30	1,0	5/30	0,4/20	0,4/10	40/10	0,2	—	
П202	„	2,5	55	1,0	0,5/30	0,4/30	0,4/10	20/10	0,2	—	
П203	„	2,5	55	1,0	10/55	0,4/30	0,4/10	20/10	0,2	—	
П207	*p-n-p*	25	40	4,0	10/40	16/45	15/40	15/2—10	—	—	Усиление и переключение мощности низкой частоты
П207А	„	25	40	4,0	10/40	16/45	12/40	15/2—10	—	—	
П208	„	25	60	4,0	16/60	25/60	12/60	15/2—10	—	—	
П208А	„	25	60	4,0	16/60	25/60	—	15/2—10	—	—	
П209	„	12	40	1,5	5/40	8/45	—	15/2—5	0,1	—	
П210	„	12	60	1,5	8/60	12/60	—	15/2—5	0,1	—	
П210А	„	12	60	1,5	8/60	12/60	—	15/2—5	0,1	—	
П211	*p-n-p*	—	50	0,75	—	0,05/50	0,05/50	50—150/5	1,0	—	Усиление и переключение мощности в диапазоне до 1 *Мгц*
П212	„	—	70	0,75	—	0,05/70	0,05/50	20—60/5	1,0	—	
П212А	„	—	70	0,75	—	0,05/70	0,05/50	50—150/5	1,0	—	

Марка прибора	Переход	Предельно допустимые значения энергетических параметров: $I_{к.макс}$, *а*	$U_{к.макс}$, *в*	$P_{макс}$, *вт*	$I_{к.н}$, *ма*, при $U_к$, *в*, не более	$I_{к.о}$, *ма*, при $U_к$, *в*, не более	$I_{э.о}$, *ма*, при $U_{э.б}$, *в*, не более	β при $U_к$, *в*, не менее	$f_α$, *Мгц*, не менее	$C_к$, *пф*, не более	Назначение
П213А	*p-n-p*	5,0	30	1,5	—	0,08/45	0,3/45	20—50/5	0,15	—	Выходные каскады усилителей низкой частоты, схемы переключения, преобразователи и стабилизаторы
П214В	„	5,0	45	1,5	—	0,3/45	2,5/45	20—50/5	0,15	—	
П214Г	„	5,0	30	1,5	—	0,15/30	2,5/30	20—150/5	0,15	—	
П302	*p-n-p*	0,4	40	2,0	—	0,1/40	—	5—10—50	—	—	Усиление и переключение мощности в диапазоне до 150 *кгц*
П303	„	0,4	60	2,0	—	0,1/60	—	7/10—100	—	—	
П303А	„	0,4	80	2,0	—	0,1/80	—	5/10—50	—	—	
П304	„	0,5	80	2,0	1/80	0,1/80	—	5/10	0,1	—	
П601	*p-n-p*	1,0	25	1,0	—	0,2/10	—	10/10	2,0	—	Усиление и генерирование колебаний высокой частоты
П601А	„	1,0	30	1,0	—	0,1/10	—	20—50/10	2,0	—	
П601Б	„	1,0	25	1,0	—	0,13/10	—	80—200/10	2,0	—	
П602	„	1,0	30	1,0	—	0,1/10	—	40—100/10	6,0	—	
П602А	„	1,0	30	1,0	—	0,13/10	—	80—200/10	6,0	—	

Продолжение табл. 1а

Марка прибора	Переход	Предельно допустимые значения энергетических параметров			$I_{к.н}$, *ма*, при $U_к$, *в*, не более	$I_{к.о}$, *ма*, при $U_к$, *в*, не более	$I_{э.о}$, *ма*, при $U_{э.б}$, *в*, не более	β при $U_к$, *в*, не менее	f_α, *Мгц*, не менее	$C_к$, *пф*, не более	Назначение
		$I_{к.макс}$, *а*	$U_{к.макс}$, *в*	$P_{макс}$, *вт*							
П605	*p-n-p*	0,5	40	0,5	3/40	2/40	1/40	20—60/35	10	130	Работа в быстродействующих переключающих схемах
П606	»	0,5	25	0,5	3/25	2/25	1/25	20—60/20	10	110	
П607	*p-n-p*	0,2	10	1,5	—	0,1/10	1/0,5	20—80/10	40	40	Усиление и генерирование колебаний высокой частоты
П607А	»	0,2	10	1,5	—	0,1/10	1/0,5	60—200/10	40	40	
П608	»	0,2	10	1,5	—	0,1/10	1/0,5	60—200/10	70	30	
П608А	»	0,2	10	1,5	—	0,1/10	1/0,5	20—200/10	70	30	
П609	»	0,2	10	1,5	—	0,1/10	1/0,5	60—200/10	100	30	
П609А	»	0,2	10	1,5	—	0,1/10	1/0,5	60—200/10	100	30	
П701	*p-n-p*	0,5	40	1,0	—	0,1/40	$3\cdot10^{-3}/3$	10/10	5,0	—	Усиление и генерирование электрических колебаний в диапазоне до 5 *Мгц*, работа в импульсных схемах
П701А	»	0,5	60	1,0	—	0,1/60	$3\cdot10^{-3}/3$	10/10	5,0	—	

Примечание. Все данные таблиц приведены для температуры окружающей среды 20±5 °C.

Таблица 2

Полупроводниковые диоды

Марка прибора	Предельно допустимые значения энергетических параметров			Наименьшее значение $I_{пр}$, *ма* при $U_{пр}$, *в*	$I_{выпр.макс}$, *ма*	$f_{гр}$, *Мгц*	$C_{д}$, *пф*	Назначение
	$U_{прод.}$, *в*	$U_{обр.макс}$, *в*	$I_{обр.макс}$, *ма*					
Д1А	40	20	0,25/10	2,5/1	16	150	1—2	Детектирование и выпрямление переменного тока
Д1Б	45	30	0,25/25	1,0/1	16	150	1—2	
Д1В	45	30	0,25/25	7,5/1	25	150	1—2	
Д1Г	74	50	0,25/50	5,0/1	16	150	1—2	
Д1Д	110	75	0,25/75	2,5/1	16	150	1—2	
Д1Е	150	100	0,25/100	1,0/1	12	150	1—2	
Д1Ж	150	100	0,25/100	5,0/1	12	150	1—2	
Д2А	15	10	0,25/7	50/1	50	150	1—2	В измерительных схемах
Д2Б	45	30	0,1/10	10/1	16	150	1—2	В измерительных схемах и в видеоканалах с частотной и амплитудной модуляцией
Д2В	60	40	0,26/30	10/1	25	150	1—2	
Д2Г	100	75	0,25/50	2—5/1	16	150	1—2	В схемах ограничения
Д2Д	100	80	0,25/50	5—10/1	16	150	1—2	В схемах второго детектора и детектора АРУ
Д2Е	150	120	0,25/100	2—10/1	16	150	1—2	В схемах выпрямления переменного тока
Д2Ж	200	175	0,25/150	2—10/1	8	150	1—2	

Продолжение табл. 2

Марка прибора	Предельно допустимые значения энергетических параметров			Наименьшее значение $I_{пр}$, *ма* при $U_{пр}$, *в*	$I_{выпр.макс}$, *ма*	$f_{гр}$, *Мгц*	$C_д$, *пф*	Назначение
	$U_{прод}$, *в*	$U_{обр.макс}$, *в*	$I_{обр.макс}$, *ма*					
Д2И	135	100	0,25/100	2—10/1	16	150	1—2	В измерительных схемах
Д7А	75	50	0,3/50	—	300	0,05	—	Выпрямление переменного тока
Д7Б	150	100	0,3/100	—	300	0,05	—	
Д7В	225	150	0,3/150	—	300	0,05	—	
Д7Г	300	200	0,3/200	—	300	0,05	—	
Д7Д	450	300	0,3/300	—	100	0,05	—	
Д7Е	525	350	0,3/350	—	100	0,05	—	Детектирование и выпрямление переменного тока
Д7Ж	600	400	0,3/400	—	100	0,05	—	
Д9А	15	10	0,25/10	10/1	25	40	5	
Д9Б	15	10	0,25/10	90/1	40	40	5	
Д9В	45	30	0,25/30	10/1	20	40	5	
Д9Г	45	30	0,25/30	30/1	25	40	5	
Д9Д	45	30	0,25/30	60/1	30	40	5	
Д9Е	75	50	0,25/50	30/1	20	40	5	
Д9Ж	150	100	0,25/100	10/1	15	40	5	
Д9И	45	30	0,12/30	—	30	40	5	
Д9К	45	30	0,06/30	—	30	40	5	
Д9Л	150	100	0,25/100	—	15	40	5	
Д10	20	10	0,1/10	3/1	3	100	1	В схемах АРУ и измерительных схемах на частотах 50 — 100 *Мгц*

Марка прибора	Предельно допустимые значения энергетических параметров			Наименьшее значение $I_{пр}$, *ма* при $U_{пр}$, *в*	$I_{выпр.макс}$, *ма*	$f_{гр}$, *Мгц*	$C_д$, *пф*	Назначение
	$U_{прод}$, *в*	$U_{обр.макс}$, *в*	$I_{обр.макс}$, *ма*					
Д10А	20	10	0,2/10	8/1	5	100	1	Ограничители и видеодетекторы
Д10Б	20	10	0,2/10	12/1	8	100	1	
Д11	40	30	0,1/10	100/1	60	150	1	Работа в счетно-решающих устройствах и видеодетекторах
Д12	75	50	0,07/10	50/1	60	150	1	
Д12А	75	50	0,05/10	100/1	60	150	1	
Д13	100	50	0,05/100	100/1	60	150	1	
Д14	125	100	0,07/10	30/1	60	150	1	
Д14А	125	100	0,07/10	100/1	60	150	1	
Д15	45	30	0,3/30	15/1	15	300	1	
Д16	75	50	0,5/50	5/1	5	300	1	Работа в малогабаритной радиоэлектронной аппаратуре
Д16А	75	50	0,5/50	10/1	10	300	1	
Д17	125	100	0,4/100	4/1	4	300	1	
Д18	30	20	0,05/20	—	20	700	0,5	В вычислительных быстродействующих схемах
Д101	100	75	0,01/75	2/2	30	200	1	В измерительной аппаратуре и в видеодетекторах
Д101А	100	75	0,01/75	1/1	30	200	1	
Д102	75	50	10/50	2/2	30	200	1	Работа в измерительной аппаратуре, в видеодетекторах, дискриминаторах
Д102А	75	50	10/50	1/1	30	200	1	
Д103	50	30	10/30	2/2	30	200	1	
Д103А	50	30	10/31	1/1	30	200	1	
Д104	125	100	10/75	2/2	30	200	1	

Продолжение табл. 2

Марка прибора	Предельно допустимые значения энергетических параметров			Наименьшее значение $I_{пр}$, *ма* при $U_{пр}$, *в*	$I_{выпр.макс}$, *ма*	$f_{гр}$, *Мгц*	$C_{д}$, *пф*	Назначение
	$U_{прод}$, *в*	$U_{обр.макс}$, *в*	$I_{обр.макс}$, *ма*					
Д104А	125	100	10/75	1/1	30	200	1	Работа в измерительной аппаратуре, в видеодетекторах, дискриминаторах
Д105	100	75	10/50	2/2	30	200	1	
Д105А	100	75	10/50	1/1	30	200	1	
Д106	75	50	30/30	2/2	30	200	1	
Д106А	75	50	30/30	1/1	30	200	1	
Д107	20	15	0,001/15	10/1	15	20	1	Работа в схемах на частотах до 20 *Мгц*
Д107А	20	15	0,001/15	10/1	15	20	1	
Д108	50	40	0,001/40	10/1	15	20	1	
Д109	70	60	0,001/60	10/1	15	20	1	
Д202	150	100	0,5/100	200/0,5	400	—	—	Работа в схемах выпрямления переменного тока
Д203	250	200	0,5/200	200/0,5	400	—	—	
Д204	350	300	0,5/300	200/0,5	400	0,05	20	Работа в схемах выпрямления переменного тока
Д205	450	400	0,5/400	200/0,5	400	0,05	20	
Д206	150	100	0,01/100	100/0,5	100	0,002	—	
Д207	250	200	0,01/200	100/0,5	100	0,001	—	
Д208	350	300	0,01/300	100/0,5	100	0,001	—	
Д209	450	400	0,01/400	100/0,5	100	0,001	—	
Д210	550	500	0,01/500	100/0,5	100	0,001	—	
Д211	700	600	0,01/600	100/0,5	100	0,002	—	
Д220	70	50	0,001/50	50/1,5	50	10	15	Работа в схемах выпрямлечия
Д220А	90	70	0,001/50	50/1,5	50	10	15	
Д220Б	150	100	0,001/50	50/1,5	50	10	15	

Марка прибора	Предельно допустимые значения энергетических параметров: $U_{прод}$, *в*	$U_{обр.макс}$, *в*	$I_{обр.макс}$, *ма*	Наименьшее значение $I_{пр}$, *ма* при $U_{пр}$, *в*	$I_{выпр.макс}$, *ма*	$f_{гр}$, *Мгц*	$C_{д}$, *пф*	Назначение
Д221	450	400	0,5/400	400/1	400	10	15	Работа в схемах выпрямления
Д222	700	600	0,5/600	400/1	400	10	15	
Д223	65	50	0,001/50	50/1	50	20	15	Работа в схемах выпрямления до 20 *Мгц*
Д223А	120	100	0,001/100	50/1	50	20	15	
Д223Б	180	150	0,001/150	50/1	50		15	
Д214	200	100	3/100	2/0,5	500	1 000	—	В схемах выпрямления переменного тока
Д214АП	150	100	3/100	5/0,5	10 000	1 000	—	
Д215	250	200	3/100	2/0,5	5 000	1 000	—	
Д215А	250	200	3/100	5/0,5	10 000	1 000	—	
Д231	350	300	3/300	5/0,5	10 000	1 000	—	Выпрямление переменного тока до 1 000 *гц*
Д231Б	350	300	3/300	5/0,5	10 000	1 000	—	
Д232	450	400	5/400	—	10 000	1 000	—	
Д232А	450	400	5/400	—	10 000	1 000	—	
Д232Б	450	400	2/400	—	10 000	1 000	—	
Д233	550	500	2/500	—	10 000	1 000	—	
Д233Б	550	500	3/500	—	10 000	1 000	—	
Д234Б	650	600	3/600	—	10 000	1 000	—	
Д302	250	200	1/200	1/0,3	1 000	50	—	Выпрямление переменного тока промышленной частоты
Д303	200	150	1/150	3/0,3	3 000	50	—	

Продолжение табл. 2

Марка прибора	Предельно допустимые значения энергетических параметров			Наименьшее значение $I_{пр}$, *ма* при $U_{пр}$, *в*	$I_{выпр.макс}$, *ма*	$f_{гр}$, *Мгц*	$C_д$, *пф*	Назначение
	$U_{прод}$, *в*	$U_{обр.макс}$, *в*	$I_{обр.макс}$, *ма*					
Д304	150	100	3/100	5/0,3	5 000	50	—	Выпрямление переменного тока промышленной частоты
Д305	75	50	5/50	10/0,35	10 000	50	—	
ДГ-Ц1	60	50	1/50	2,5/1	16	150	0,4	Выпрямление переменного тока, детектирование, восстановление постоянной составляющей
ДГ-Ц2	75	50	0,5/50	4,0/1	6	150	0,4	
ДГ-Ц4	100	75	0,8/75	2,5/1	16	150	0,4	
ДГ-Ц5	100	75	0,25/75	1,0/1	16	150	0,4	
ДГ-Ц6	125	100	0,8/100	2,5/1	25	150	0,4	
ДГ-Ц7	125	100	0,25/100	1,0/1	25	150	0,4	
ДГ-Ц8	50	30	0,5/30	10/1	16	150	0,4	
ДГ-Ц12	45	30	0,5/10	5/1	16	150	0,4	
ДГ-Ц13	45	30	0,25/10	1/1	16	150	0,4	
ДГ-Ц14	75	30	1/50	2/1	16	150	0,4	
ДГ-Ц15	170	150	0,8/150	1,5/1	25	150	—	
ДГ-Ц16	180	150	0,25/150	1,5/1	25	150	—	
ДГ-Ц17	220	200	0,8/200	1,5/1	25	150	—	
ДГ-Ц21	75	50	1/50	—	300	0,05	50	Выпрямление переменного тока частотой до 50 *кгц*
ДГ-Ц22	150	100	1/100	—	300	0,05	50	
ДГ-Ц23	225	150	1/150	—	300	0,05	50	
ДГ-Ц24	300	200	1/200	—	300	0,05	50	
ДГ-Ц25	400	300	1/300	—	100	0,05	50	
ДГ-Ц26	525	350	1/350	—	100	0,05	50	
ДГ-Ц27	600	400	1/400	—	100	0,05	50	

Примечание. $f_{гр}$ — граничная частота; $C_д$ — емкость перехода.

Таблица 3

Стабилитроны

Марка прибора	Предельно допустимые значения		$R_{обр}$ при $U_{обр}$ = 1 *в*, не менее, *Мом*	$U_{пр}$, не более, *в*	$I_{пр}$, не более, *ма*	$U_{ст}$, *в* при $I_{ст}$, *ма*	$I_{ст}$, *ма*
	$P_{макс}$, *вт*	$I_{ст.наиб}$, *ма*					
			Малой мощности				
Д808	0,280	33	10	1	50	7—8,5	5
Д809	0,280	29	10	1	50	8—9,5	5
Д810	0,280	26	10	1	50	9—10,5	5
Д811	0,280	23	10	1	50	10—12	5
Д813	0,280	20	10	1	50	11,5—14	5
			Средней мощности				
Д816А, АП	5	230	1	1,5	—	22±10%	150
Д816Б, БП	5	180	—	1,5	—	27±10%	150
Д816В, ВП	5	150	—	1,5	—	33±10%	150
Д816Г, ГП	5	130	—	1,5	—	39±10%	120
Д816Д, ДП	5	110	—	1,5	—	47±10%	80
Д817А, АП	5	90	—	1,5	—	56±10%	50
Д817Б, БП	5	75	—	1,5	—	68±10%	50
Д817В, ВП	5	60	—	1,5	—	82±10%	50
Д817Г, ГП	5	50	—	1,5	—	100±10%	50
			Большой мощности				
Д815А, АП	8	1 400	—	1,5	—	5,6±10%	1 000
Д815Б, БП	8	1 400	—	1,5	—	6,8±10%	450
Д815В, ВП	8	950	—	1,5	—	8,2±10%	350
Д815Г, ГП	8	800	—	1,5	—	10±10%	500
Д815Д, ДП	8	650	—	1,5	—	12±10%	500
Д815Е, ЕП	8	550	—	1,5	—	15±10%	500
Д815Ж, ЖП	8	450	—	1,5	—	18±10%	500

Таблица 4

Фотосопротивления

Марка прибора	Размер фоточувствительной поверхности, *см²*	Предельное рабочее напряжение, *в*	Темновое сопротивление, *ом*	Удельная чувствительность, *мка/лм·в*
ФС-АО	0,24	15	$4\cdot10^4$—$1\cdot10^5$	500
ФС-А1	0,24	15	$4\cdot10^4$—$1\cdot10^5$	500
ФС-А4	0,24	15	$4\cdot10^4$—$1\cdot10^5$	500
ФС-А6	1,15	30	$5\cdot10^4$—$1\cdot10^6$	500
ФС-АГ	0,24	15	$4\cdot10^4$—$1\cdot10^6$	500
ФС-АВ	0,96	100	$0,5\cdot10^4$—$5\cdot10^6$	500

Марка прибора	Размер фоточувствительной поверхности, *см²*	Предельное рабочее напряжение, *в*	Темновое сопротивление, *ом*	Удельная чувствительность, *мка/лм·в*
ФС-2А	0,09	17,5	$0{,}3\cdot10^6$—$1\cdot10^7$	$1\cdot10^{-9}$
ФС-3А	0,52	10	$2\cdot10^6$	$1\cdot10^{-9}$
ФС-Б2	0,4	40—90	$3\cdot10^5$—$5\cdot10^7$	250
ФС-Б2	1,21	40—90	$3\cdot10^5$—$5\cdot10^7$	250
ФС-КО	0,25	300	$3{,}3\cdot10^6$	1 200
ФС-К1	0,25	400	$3{,}3\cdot10^6$	6 000
ФС-К2	0,25	300	$3{,}3\cdot10^6$	1 200
ФС-К3	0,25	300	$3{,}3\cdot10^6$	1 200
ФС-К4	0,24	300	$2\cdot10^6$	6 000
ФС-К5	0,07	300	$1\cdot10^7$	3 000
ФС-К6	1,15	300	$3{,}3\cdot10^6$	3 000
ФС-К7	2,0	100	$5\cdot10^4$	3 500
ФС-К8	0,15	300	$1\cdot10^7$	1 600
ФС-КГ	0,25	200	$3{,}3\cdot10^6$	6 000
ФС-ДО	0,25	200	$2\cdot10^7$	20 000
ФС-Д1	0,25	200	$2\cdot10^7$	20 000
ФС-Д6	1,15	200	$2\cdot10^7$	20 000

Таблица 5

Фотодиоды

Марка прибора	Предельное значение рабочего напряжения, *в*	Максимальная мощность рассеивания (*мвт*)	Рабочее напряжение, *в*	Темновой ток при рабочем напряжении, *мка*	Наибольшая интегральная чувствительность, *ма/лм*	Ток при освещении, *мка*
ФД-1	20	15	15	30	20	800
ФД-2	50	15	30	25	20	—
ФД-3	20	—	15	9—10	15—20	250
Фототранзистор						
ФТГ-1	20	50	10—15	100—1 000	$20\cdot10^3$	1 000—20 000

Цена 10 коп.